

**PROCEDE ET SYSTEME POUR BALAYER UNE SURFACE DE MANIERE  
STATISTIQUE**

**Domaine de l'invention:**

La présente invention concerne le domaine de la robotique. Elle concerne plus particulièrement un procédé et un système mis en œuvre par un automate mobile destiné à balayer  
5 une surface complexe, c'est-à-dire à parcourir de façon autonome cette surface complexe de façon suffisamment exhaustive pour effectuer un traitement de cette dernière lors de ce parcours.

**Problème et Art antérieur:**

10 Dans de nombreuses applications, notamment dans le domaine des équipements de maison et de jardin, il est nécessaire de concevoir des équipements autonomes, tels que des robots aspirateurs, dénommés par la suite automates mobiles, capables de parcourir de façon quasi exhaustive une surface  
15 complexe comportant des obstacles (par exemple le plancher d'une pièce meublée).

A cet effet, on connaît des systèmes et des procédures de parcours de surfaces complexes mettant en œuvre des capteurs permettant de percevoir l'environnement (notamment les murs de  
20 la pièce et les meubles qui s'y trouvent) et de repérer la position relative du robot par rapport à cet environnement.

Cependant, pour qu'un automate réalise des parcours exhaustifs d'une surface à traiter, il est nécessaire de pouvoir disposer de capteurs fournissant une localisation absolue. Or de tels capteurs de localisation absolue sont, compte tenu de leur  
5 prix de revient, peu appropriés pour réaliser des équipements destinés à être produits en masse.

Par ailleurs, on connaît également des systèmes de calcul qui déterminent la localisation d'un robot mobile en intégrant la succession des positions relatives de ce robot à  
10 partir d'une position initiale.

A ce stade, il convient de noter que l'intégration de positions successives s'effectue par odométrie, c'est-à-dire en prenant en compte des paramètres mesurés sur cet automate, tels que le nombre de tours de roues de l'automate et les angles de  
15 rotation de ses roues directrices, afin de déterminer son déplacement par rapport à un point initial.

Toutefois, les systèmes calculant la localisation d'un automate en intégrant la succession des positions relatives présentent l'inconvénient de dériver au cours du temps. Il en  
20 résulte qu'au bout d'un certain parcours, la localisation absolue comprend une erreur provenant principalement de l'intégration du bruit des capteurs utilisés.

Finalement, il convient de noter qu'il existe des capteurs peu bruités mais ces capteurs sont, compte tenu de leur  
25 prix de revient, peu appropriés pour réaliser des équipements destinés à être produits en masse.

#### **L'invention:**

La présente invention a précisément pour objet de  
30 réaliser des systèmes et des procédures de parcours de surfaces complexes en mettant en œuvre des capteurs de position relative, bas coût, malgré les inconvénients techniques de ceux-ci ci-dessus exposés.

35 **Solution**

L'invention concerne un procédé pour balayer une surface complexe délimitée au moins en partie par une barrière physique et/ou comportant des obstacles, ce procédé comprenant les étapes suivantes :

- 5           - (a) l'étape de balayer de façon suffisante une première zone, de dimension réduite et de forme appropriée, de la surface complexe,
  - en détectant, le cas échéant, la barrière physique et/ou les obstacles,
  - 10           • en parcourant des positions relatives successives, et
  - en intégrant les positions relatives.
- (b) l'étape de sélectionner une seconde zone de dimension réduite et de forme appropriée de la surface complexe
- 15       et d'itérer pour cette seconde zone l'étape (a) ci-dessus,
- (c) l'étape d'itérer autant que nécessaire l'étape (b) de manière à balayer l'intégralité de la surface complexe.

Dans un mode de réalisation, le procédé comprend en outre l'étape de choisir les dimensions et la forme de chaque zone de telle sorte que la dérive au cours du temps qui résulte de l'intégration de la succession des positions relatives, reste inférieure à un seuil déterminé.

Selon un mode de réalisation, dans le cas où une zone à balayer contient tout ou partie d'un obstacle, le procédé

25 comprend en outre les étapes suivantes :

- l'étape de balayer la zone en restant, autant que faire se peut, à l'intérieur de la zone concernée et en suivant tout ou partie des contours de l'obstacle de la zone, puis
- l'étape de sélectionner la zone suivante en
- 30       appliquant des règles de parcours.

Selon une réalisation, le procédé comprend en outre l'étape de sélectionner la seconde zone en procédant à une sélection au hasard.

Dans une réalisation, le procédé comprend en outre l'étape de sélectionner la seconde zone en procédant à la

35

sélection d'une zone contiguë dans une bande prédéterminée en progressant dans un sens déterminé puis en sélectionnant, par exemple au hasard, une autre bande.

Selon une réalisation, le procédé comprend l'étape de  
5 changer de bande lorsque (i) un mur ou un obstacle de dimension ou de taille importante par rapport à celle de la zone balayée, est détecté dans la zone balayée et/ou (ii) lorsqu'une bande déjà balayée est atteinte.

Dans une réalisation, pour sélectionner la seconde  
10 zone, le procédé comprend l'étape d'établir de façon dynamique, pendant le balayage, une carte de l'environnement permettant d'appliquer des règles de parcours des différentes zones composant la surface complexe en tenant compte des obstacles, puis l'étape de sélectionner la seconde zone selon les règles de  
15 parcours.

Selon une réalisation, le processus de sélection de la zone comporte une phase aléatoire et le procédé comprend l'étape d'arrêter le balayage au bout d'un temps supérieur à un seuil déterminé.

Dans une réalisation, le procédé comprend l'étape  
20 d'effectuer un tour des contours de la surface complexe après l'achèvement du balayage.

L'invention concerne aussi un système pour balayer une surface complexe délimitée au moins en partie par une barrière  
25 physique et/ou comportant des obstacles ; le système comprenant :

- (a) des moyens de balayage comportant des moyens de détection permettant de détecter la barrière physique et/ou les obstacles, les moyens de balayage permettant de balayer de façon  
30 suffisante une première zone, de dimension réduite et de forme appropriée, de la surface complexe,

• en parcourant des positions relatives successives,  
et

• en intégrant lesdites positions relatives;

35 - (b) des moyens de sélection pour sélectionner une

seconde zone de dimension réduite et de forme appropriée de la surface complexe et d'itérer pour cette seconde zone l'étape (a) ci-dessus,

- (c) des moyens d'itération pour itérer autant que  
5 nécessaire l'étape (b) de manière à balayer l'intégralité de la surface complexe.

Dans une réalisation, le système comprend des moyens de traitement informatique pour choisir les dimensions et la forme de chaque zone de telle sorte que la dérive au cours du  
10 temps résultant de l'intégration de la succession des positions relatives, reste inférieure à un seuil déterminé.

Dans une réalisation où une zone à balayer contient tout ou partie d'un obstacle, le système comprend des moyens de balayage pour balayer la zone en restant, autant que faire se  
15 peut, à l'intérieur de la zone concernée et en suivant tout ou partie des contours de l'obstacle de la zone, les moyens de sélection sélectionnant la zone suivante en appliquant des règles de parcours.

Dans une réalisation, les moyens de sélection  
20 sélectionnant la seconde zone procèdent à une sélection au hasard.

Dans une réalisation, les moyens de sélection sélectionnent la seconde zone en procédant à la sélection d'une zone contiguë dans une bande prédéterminée en progressant dans  
25 un sens déterminé puis en sélectionnant, par exemple au hasard, une autre bande.

Dans une réalisation, les moyens de traitement informatique comprennent des moyens de calcul pour changer de bande lorsque (i) un mur ou un obstacle de dimension ou de  
30 taille importante par rapport à celle de la zone balayée, est détecté dans la zone balayée et/ou (ii) lorsqu'une bande déjà balayée est atteinte.

Dans une réalisation, le système comprend des moyens de traitement informatiques qui comportent des moyens de calcul  
35 permettant :

- d'établir de façon dynamique, pendant le balayage, une carte de l'environnement permettant d'appliquer des règles de parcours des différentes zones composant la surface complexe en tenant compte des obstacles ; puis

- 5           • de sélectionner la seconde zone selon les règles de parcours.

Dans une réalisation, le processus de sélection de la zone et/ou de la bande comporte une phase aléatoire et le système comprend des moyens de traitement informatique pour  
10 arrêter le balayage au bout d'un temps supérieur à un seuil déterminé.

Dans une réalisation, le système comprend des moyens de traitement informatique permettant d'effectuer un tour des contours de la surface complexe après l'achèvement du balayage.

- 15           Selon une réalisation, les moyens de balayage permettent de calculer de manière dynamique une cartographie de la surface complexe à partir de données fournies par les moyens de détection pendant le balayage de la surface complexe.

Dans une réalisation, les moyens de détection  
20 comprennent un émetteur de rayonnements infrarouge et un récepteur de rayonnements infrarouge détectant le rayonnement infrarouge réfléchi par les parties concernées de la barrière physique ou de l'obstacle, les moyens de traitement informatique permettant de faire varier graduellement la puissance du  
25 rayonnement infrarouge émise par l'émetteur jusqu'à une puissance de détection des parties concernées de la barrière physique ou de l'obstacle tandis que les moyens de calcul permettent de déterminer de la position relative des parties concernées de la barrière physique ou de l'obstacle par rapport  
30 à l'automate mobile en fonction de la valeur de la puissance de détection.

Ainsi, il est ainsi possible, de manière dynamique, au fur et à mesure que l'automate mobile se déplace, :

- de déterminer les données géométriques (angles,  
35 longueur) caractérisant la géométrie des obstacles ou de la

barrière physique, et/ou

- de construire une cartographie de la surface complexe.

5           Finalement, l'invention concerne toute application du  
procédé et/ou du système défini selon l'une des réalisations  
précédentes à l'utilisation d'un automate ou robot de traitement  
de surfaces planes et/ou gauches, d'un automate ou robot de  
traitement de terrains sauvages ou cultivés, d'un automate ou  
robot aspirateur, d'une tondeuse automate, d'un automate ou  
10   robot laveur de parois horizontales ou inclinées, notamment de  
vitre, de plafond de toit d'un automate ou robot de  
décontamination de surfaces complexes contaminées.

#### **Avantages de l'invention:**

15           La mise en œuvre d'un procédé ou d'un système conforme  
à l'invention par un automate mobile présente l'avantage de  
permettre à ce dernier un balayage exhaustif d'une surface,  
c'est-à-dire un balayage suffisant de l'ensemble de cette  
surface vis-à-vis du traitement de la surface effectué, alors  
20   même que des capteurs de position relative à bas coût sont  
utilisés par cet automate.

          En effet, la dérive des capteurs prise en compte dans  
la localisation de l'automate correspond à la dérive associée au  
balayage d'une zone. Or, la dérive associée au balayage d'une  
25   zone est inférieure à la dérive de balayage pour l'ensemble de  
la surface de telle sorte que, à partir des données de  
déplacements de l'automate (nombre de tours de roue, changements  
de direction), on peut compenser les dérives des capteurs.

          En d'autres termes, en limitant le balayage à une  
30   première zone de dimension réduite par rapport à la surface  
complexe et de forme appropriée, on peut obtenir une  
localisation précise dans cette première zone avec des moyens de  
localisations à bas coûts, permettant un balayage exhaustif de  
cette dernière.

### Figures

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention  
5 apparaîtront avec la description de cette invention effectuée  
ci-dessous à titre illustratif et non limitatif à l'aide des  
figures ci-jointes sur lesquelles:

- les figures 1a, 1b, 1c et 1d sont des schémas de  
balayage d'une zone de dimension réduite d'une surface complexe  
10 balayée selon l'invention,
  - la figure 2 est un schéma du balayage d'une surface  
complexe selon un déplacement aléatoire conforme à l'invention,
  - la figure 3 est un schéma d'un balayage formant des  
bandes selon l'invention,
- 15 - les figures 4a et 4b sont des schémas de balayages  
d'une surface complexe selon deux variantes de déplacement par  
bandes conformes à l'invention, et
  - la figure 5 est un diagramme d'un procédé de calcul  
d'une cartographie selon un procédé conforme à l'invention.

20

#### Description de modes de réalisation de l'invention:

Dans la description de l'invention effectuée ci-  
dessous, on considère une surface complexe, c'est-à-dire pouvant  
présenter par exemple des irrégularités et/ou des variations  
25 d'inclinaisons, et limitée au moins partiellement par une  
barrière physique telle qu'un mur ou un évidement de la surface  
complexe.

La nature de cette surface, qui peut être plane et/ou  
gauche, varie en fonction de l'application dans laquelle est  
30 utilisé un système conforme à l'invention. Ainsi, une telle  
application peut être relative à un robot traitant des terrains  
sauvages ou cultivés, à un robot aspirateur, à une tondeuse  
automate, à un robot laveur de parois horizontales ou inclinées,  
notamment de vitre ou du plafond d'un toit, ou encore à un robot  
35 de décontamination de surfaces complexes contaminées.



Par ailleurs, cette surface peut comprendre un ou plusieurs obstacles qui, de façon analogue à la barrière physique, limitent le déplacement de l'automate devant balayer cette surface, c'est-à-dire devant parcourir la surface  
5 considérée en effectuant une opération de traitement de cette surface.

C'est pourquoi, on considère comme obstacle tout élément qui empêche le déplacement de l'automate sur l'ensemble de la surface complexe. Ainsi, un obstacle peut être formé par  
10 un objet physique ou par un évènement.

Pour balayer une surface, un automate 100 (figure 1a) conforme à l'invention comprend des moyens 102 de balayage comportant des moyens 104 de détection permettant de détecter une barrière physique ou un obstacle.

15 Par ailleurs, les moyens 102 de balayage permettent de balayer de façon suffisante une première zone 106, de dimension réduite et de forme appropriée, de la surface complexe, en parcourant des positions relatives successives formant un parcours 108, et en intégrant ces positions relatives.

20 A ce stade, il convient de rappeler qu'un automate mobile 100 peut déterminer sa position relativement à un point de départ par odométrie, c'est-à-dire en intégrant des informations, telles que le nombre de tours de ses roues motrices ou les changements de sens de ses roues directrices,  
25 mesurées sur ses mouvements.

Par ailleurs, en établissant la position de l'automate 100 dans une zone 106 de faible dimensions et de forme appropriée, on obtient une localisation précise de l'automate 100 dans cette zone ce qui permet son balayage exhaustif, c'est-  
30 à-dire suffisant pour l'application effectuée par l'automate 100.

De fait, la détermination de la position de l'automate 100 par odométrie présente une dérive plus faible pour une zone 106 de faible dimension que pour la surface complexe comprenant  
35 cette zone 100.

De façon pratique, il s'avère qu'une zone 106 de forme rectangulaire ou carré permet de mettre en œuvre simplement l'invention en considérant que la longueur de cette zone 106 doit être équivalente à quatre fois la plus grande dimension  
5 opérationnelle, perpendiculaire à l'axe de déplacement, de l'outil de traitement sur la surface.

En considérant un robot aspirateur ayant une dimension maximale de 30 cm et aspirant sur une largeur de 25 cm, avec des moyens de motorisation et d'odométries permettant une erreur ou  
10 dérive de 1% sur un mètre, il apparaît qu'une zone carré ayant des dimensions de un mètre sur un mètre permet à ce robot de balayer cette surface selon un parcours en créneaux, tel que représenté à la figure 1a, avec une dérive de localisation par odométrie inférieure à 5% .

L'exemple donné ci-dessus peut être généralisé à la  
15 détermination de toute forme (rond, carré, rectangle, triangulaire, etc) et dimensions d'une zone en considérant que la dérive de l'intégration effectuée par l'automate balayant cette zone ne doit pas dépasser un certain seuil.

C'est pourquoi, dans cette réalisation, l'automate 100  
20 comprend des moyens 112 de traitement informatique pour choisir les dimensions et la forme de chaque zone de telle sorte que la dérive au cours du temps résultant de l'intégration de la succession des positions relatives, reste inférieure à un seuil  
25 déterminé.

Par ailleurs, lorsqu'une zone 106 à balayer contient tout ou partie d'un obstacle 114, les moyens 102 font en sorte que le balayage de la zone s'effectue en restant, autant que faire se peut, à l'intérieur de la zone concernée et en suivant  
30 tout ou partie des contours de l'obstacle de la zone, comme décrit ci-dessous en détail à l'aide des figures 1b, 1c et 1d.

Sur ces figures 1b, 1c et 1d est représenté l'automate 100 dans la zone 106 comme précédemment décrit à la figure 1a. Toutefois, un obstacle 114 est présent sur un bord  
35 (figure 1b), à l'intérieur (figure 1c) ou dans un coin (figure

1d) de cette zone 106.

En considérant le cas où l'obstacle 114 est présent sur un bord de la zone 106, l'automate 100 balaye la partie de cette zone 106 qui lui ait accessible en suivant le contour de l'obstacle 114 de telle sorte que cet automate rejoint le parcours prévu pour la zone 106 en absence d'obstacles (figure 1a).

Toutefois, lorsque l'automate 100 rencontre un obstacle 114 compris dans la zone 106 (figure 1c), l'automate suit le contour de cet obstacle 114 comme précédemment décrit jusqu'à ce qu'il détecte la possibilité d'effectuer le balayage que l'obstacle 114 avait bloqué, auquel cas l'automate 100 effectue le balayage de l'ensemble du contour de l'obstacle 114 avant de continuer le balayage de la zone 106.

Comme précédemment indiqué, l'automate 100 reste autant que faire se peut dans une zone lors de son balayage de telle sorte que, lorsque ce dernier rencontre un obstacle 114 qui déborde de la zone 106 en cours de balayage (figure 1d), l'automate finalise le balayage de la zone en cours de traitement sans chercher à balayer l'ensemble du contour de l'obstacle 114, ce qui impliquerait d'autres zones.

En d'autres termes, l'automate ne s'interdit pas de sortir partiellement de la zone pour contourner l'obstacle. Toutefois, l'automate ne s'autorise de sortir de la zone que pour autant que les écarts ne dépassent pas des seuils déterminés.

Conformément à l'invention, l'automate 100 comprend aussi des moyens 110 de sélection pour sélectionner une seconde zone, de dimension réduite et de forme appropriée, de la surface complexe et d'itérer pour cette seconde zone l'étape de balayage exhaustif déjà effectué avec la première zone.

Par la suite, en itérant autant que nécessaire les opérations de sélection et de balayage de zones successives à l'aide de moyens 112 d'itération, l'automate balaye l'intégralité de la surface complexe.

Il apparaît donc que les moyens de sélection d'un automate conforme à l'invention peuvent sélectionner la zone suivante à balayer en appliquant des règles de parcours, par exemple en sélectionnant ces zones de façon à ce qu'elles  
5 forment une bande, comme décrit ci-dessous.

Dans un premier exemple de mise en œuvre représenté à la figure 2, les moyens 210 de sélection d'un automate 200 conforme à l'invention sélectionne la seconde zone en procédant à une sélection au hasard.

10 Ainsi, lorsque l'automate 200 a fini de balayer une zone  $206_i$  comme précédemment indiqué, les règles de sélection font que cet automate 200 se déplace aléatoirement sur la surface 202 pour traiter une nouvelle zone  $206_{i+1}$ .

Un tel procédé aléatoire présente l'avantage  
15 d'utiliser un algorithme simple qui requiert des faibles capacités de calculs et de mémoire, ce qui diminue le coût de l'automate 200 et, par conséquent, le coût de traitement de la surface 202.

Dans ce cas, l'automate 200 peut comprendre des moyens  
20 d'arrêt tels que le traitement de la surface est considéré comme achevé au bout d'un délai supérieur à un seuil déterminé.

En outre, dans cette réalisation, l'automate comprend des moyens informatiques pour arrêter le balayage au bout d'un temps supérieur à un seuil déterminé, ce seuil étant par exemple  
25 déterminé en fonction de la probabilité avec laquelle on désire que l'ensemble de la surface complexe ait été balayée.

Dans une autre réalisation, l'automate 300 comprend des moyens de sélection qui sélectionnent la seconde zone en procédant à la sélection d'une zone contiguë dans une bande  
30 prédéterminée en progressant dans un sens déterminé, comme décrit ci-dessous à l'aide de la figure 3.

Sur cette figure 3 est représenté un automate 300 balayant une surface 302 en considérant des zones  $306_i$  et  $306_{i+1}$  contiguës et telles qu'elle puissent présenter des parties  
35  $308_{i,i+1}$  communes.

De fait, selon une variante de l'invention, une zone  $306_{i+1}$  est définie de telle sorte qu'elle présente une partie  $308_{i,i+1}$  déjà balayée lors du traitement d'une zone  $306_i$  préalablement considérée.

- 5           Ainsi, un automate conforme à l'invention balaye de façon exhaustive l'ensemble de la surface complexe 302 traitée, c'est-à-dire sans laisser une partie de cette surface sans être balayée.

- 10           Par ailleurs, à ce stade de la description, il convient de souligner que, lorsque différentes bandes de nettoyage 310 et 312 sont utilisées pour balayer une surface 302, ces bandes sont contiguës et telles qu'elles présentent une partie  $314_{10;12}$  commune afin d'assurer le balayage exhaustif de la surface.

- 15           Un premier exemple de balayage par bandes est représenté à la figure 4a. Selon cet exemple, un automate 400 réalise un balayage dont le parcours 408 sur la surface 402 forme des bandes 410, 412 et 414.

- 20           Ces bandes sont composées de zones représentées en pointillés. Ces zones sont successivement balayées lorsque l'automate progresse dans un sens déterminé. Le parcours observé, en forme de frise, est la résultante des différents parcours en créneaux des zones composant la bande.

- 25           En outre, l'automate 400 comprend des moyens de calcul pour changer de bande, c'est-à-dire pour changer de sens, lorsqu'un mur ou un obstacle de dimension ou de taille importante par rapport à celle de la zone balayée, est détecté dans la zone balayée et/ou lorsqu'une bande déjà balayée est atteinte.

- 30           Ainsi, lorsque l'automate parcourt une première bande 410 et atteint la barrière physique 411 de la surface 402, il modifie le sens de son balayage en bande pour balayer une nouvelle bande 412.

- 35           Par exemple, l'automate 400 peut ainsi effectuer le contour de la surface 402 en longeant cette barrière physique

411 puis, lorsqu'il atteint une bande 410 déjà effectuée, il entame le balayage d'une bande 414 contiguë à cette bande 410 comme décrit à l'aide de la figure 3.

Par la suite, l'automate balaye ainsi l'ensemble de la surface complexe 402, cette suite n'étant pas représentée pour des raisons de clarté.

Selon un second exemple de balayage par bandes représenté à la figure 4b, automate 400 balaye la surface 402 en formant des bandes  $404_i$  et  $404_{i+1}$  parallèles, chaque bande étant uniquement représentée par son sens de parcours lors du balayage par l'automate 400.

Si l'automate mobile 400 est limité dans sa progression le long d'une bande  $404_i$  par un obstacle 406, il contourne cet obstacle sans que cela n'entraîne pas un changement de bande.

De fait, si l'obstacle est de petite dimension, l'automate continue sa progression en restant dans la même bande tandis que, si l'obstacle est de grande dimension, l'automate change de bande en poursuivant son parcours comme s'il avait rencontré une barrière physique.

Par exemple, si la progression le long d'une bande  $404_5$  est bloquée par l'obstacle 406 sans que l'automate 400 puisse contourner ce dernier sans changer de bande, l'automate 400 poursuit son balayage comme si l'obstacle 406 constituer une barrière physique.

Lorsque l'automate balaye une bande  $404_{11}$  ne rencontrant plus d'obstacle 406, il contourne cet obstacle de façon à balayer la bande  $404'_5$ , et les bandes  $404'_i$  qui correspondent au prolongement des bandes  $404_5$  à  $404'_{10}$  interrompues par l'obstacle 406.

Lorsque l'automate a balayé ces bandes  $404_5$  à  $404'_{10}$  interrompues, il continue le balayage de la surface 400 en continuant une progression par bandes parallèles à partir de la bande  $400_{11}$  n'ayant pas été limitée par l'obstacle 406.

Dans cette réalisation préférée de l'invention,

l'automate 400 comprend des moyens de traitement informatique qui lui permettent d'établir, de façon dynamique pendant le balayage de la surface, une carte de son environnement, et notamment de la disposition de la barrière physique et des éventuels obstacles compris sur la surface balayée.

Un tel établissement peut, par exemple, s'effectuer de telle manière que les moyens de balayage calculent, de manière dynamique cette cartographie de la surface complexe, à partir de données fournies par les moyens de détection pendant le balayage de la surface complexe, comme décrit ci-dessous en détail à l'aide de la figure 5.

Sur cette figure 5 est représentée une base de données 500, comprenant des informations 501 préétablies relatives à la géométrie d'une surface à balayer, ainsi qu'une base 502 qui enregistre les informations 503 relatives aux mesures effectuées par les différents capteurs et/senseurs de l'automate.

En comparant ces informations 501 préétablies et 503 mesurées, un comparateur 504 peut mettre à jour les informations 501 enregistrées dans la base 500, par exemple pour mémoriser le déplacement d'un obstacle par rapport à un précédent balayage de la surface.

En outre, l'automate peut appliquer des règles de parcours, c'est-à-dire des règles relatives à la façon dont une seconde zone est sélectionnée à partir d'une première zone, en tenant compte des éventuels obstacles.

Dans un mode de réalisation préféré, les moyens de détection comprennent un équipement analogue à celui décrit dans la demande de brevet FR N° 01/01065, intitulée « procédé et dispositif de détection d'obstacle et de mesure de distance par rayonnement infrarouge », déposée le 26 Janvier 2001 pour Wany SA (France) et publiée le 2 août 2002, à savoir un émetteur de rayonnements infrarouge et un récepteur de rayonnements infrarouge détectant le rayonnement infrarouge réfléchi par les parties concernées de la barrière physique ou de l'obstacle.

Les moyens de traitement informatique de l'automate font varier graduellement la puissance du rayonnement infrarouge émise par l'émetteur jusqu'à une puissance de détection des parties concernées de la barrière physique ou de l'obstacle.

5           Ainsi, les moyens de calcul peuvent déterminer la position relative des parties concernées de la barrière physique ou d'un obstacle par rapport à l'automate mobile en fonction de ladite valeur de la puissance de détection.

10           Ainsi, il est possible, de manière dynamique, au fur et à mesure que l'automate mobile se déplace de déterminer les données géométriques (angles, longueur) caractérisant la géométrie d'éventuels obstacles ou de la barrière physique, et/ou de construire une cartographie de la surface complexe.

15           Par ailleurs, à ce stade, il convient de souligner que, lorsque l'automate se positionne vis-à-vis de la barrière physique ou d'un obstacle déjà identifié au moyen de ses capteurs et/ou senseurs, il effectue une opération de localisation absolue qui a pour effet d'annuler toute déviation d'intégration par odométrie.

20           La présente invention est susceptible de nombreuses variantes. Ainsi, lorsqu'un automate balaye une surface à l'aide de bandes, et que la sélection d'une bande a balayée comporte une phase aléatoire, l'automate peut comprendre des moyens de traitement informatique pour arrêter le balayage au bout d'un  
25           temps supérieur à un seuil déterminé.

Selon une autre réalisation, un automate conforme à l'invention comprend des moyens de traitement informatique pour effectuer un tour des contours de la surface complexe après l'achèvement du balayage.

30           Un tel balayage peut être mis en œuvre à l'aide d'une cartographie de la surface effectuée par l'automate comme précédemment décrit, et/ou à l'aide de capteurs permettant à l'automate de longer le tour des contours de la surface complexe, par exemple lorsque ces derniers sont des parois.

35



REVENDICATIONS

1. Procédé pour balayer une surface (202, 302, 402) complexe délimitée au moins en partie par une barrière physique (411) et/ou comportant des obstacles (114, 406) ; ledit procédé comprenant les étapes suivantes :

- 5                   - (a) l'étape de balayer de façon suffisante une première zone (106, 206<sub>i</sub>, 306<sub>i</sub>), de dimension réduite et de forme appropriée de ladite surface complexe,
- en détectant, le cas échéant, la dite barrière physique (411) et/ou lesdits obstacles (114, 406),
- 10                   • en parcourant des positions relatives successives, et
- en intégrant lesdites positions relatives; de sorte que l'on obtient ainsi une localisation absolue dans ladite première zone permettant un balayage exhaustif de ladite première zone ;
- 15                   ledit procédé comprenant en outre :
- (b) l'étape de sélectionner une seconde zone (206<sub>i+1</sub>, 306<sub>i+1</sub>) de dimension réduite et de forme appropriée de ladite surface complexe et d'itérer pour cette seconde zone l'étape (a) ci-dessus,
- 20                   - (c) l'étape d'itérer autant que nécessaire l'étape (b) de manière à balayer l'intégralité de la surface complexe.

2. Procédé selon la revendication 1 ; ledit procédé comprenant en outre :

- 25                   - (d) l'étape de choisir les dimensions et la forme de chaque zone (106, 206<sub>i</sub>, 206<sub>i+1</sub>, 306<sub>i</sub>, 306<sub>i+1</sub>) de telle sorte que la dérive au cours du temps résultant de l'intégration de la succession des positions relatives, reste inférieure à un seuil déterminé.

- 30                   3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2 ; dans le cas où une zone à balayer contient tout ou partie d'un obstacle (114, 406) ledit procédé comprenant en outre les étapes suivantes :

- l'étapes de balayer la zone en restant, autant que

faire se peut, à l'intérieur de la zone concernée et en suivant tout ou partie des contours de l'obstacle de la zone, puis

- l'étape de sélectionner la zone suivante en appliquant des règles de parcours.

5           4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 ; ledit procédé comprenant en outre :

- l'étape de sélectionner ladite seconde zone ( $206_{i+1}$ ,  $306_{i+1}$ ) en procédant à une sélection au hasard.

10           5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 ; ledit procédé comprenant en outre :

- l'étape de sélectionner ladite seconde zone ( $206_{i+1}$ ,  $306_{i+1}$ ) en procédant à la sélection d'une zone contiguë ( $308_{i,i+1}$ ) dans une bande prédéterminée (310) en progressant dans un sens déterminé puis en sélectionnant, par exemple au hasard, une  
15 autre bande (312).

6. Procédé selon la revendication 5 ; ledit procédé comprenant en outre :

- l'étape de changer de bande ( $412$ ,  $404_5$ ) lorsque (i) un mur (411) ou un obstacle (406) de dimension ou de taille  
20 importante par rapport à celle de la zone balayée, est détecté dans la zone balayée et/ou (ii) lorsqu'une bande ( $404_6$ ) déjà balayée est atteinte.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 ; pour sélectionner ladite seconde zone ledit procédé  
25 comprenant en outre :

- l'étape d'établir de façon dynamique, pendant le balayage, une carte de l'environnement permettant d'appliquer des règles de parcours des différentes zones composant la surface complexe en tenant compte des obstacles, puis

30           - l'étape de sélectionner la seconde zone selon lesdites règles de parcours.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7; le processus de sélection de la zone et/ou de la bande comportant une phase aléatoire ; ledit procédé comprenant en  
35 outre :

- l'étape d'arrêter le balayage au bout d'un temps supérieur à un seuil déterminé.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 ; ledit procédé comprenant en outre l'étape d'effectuer un  
5 tour des contours de la surface complexe après l'achèvement du balayage.

10. Système (100, 200, 30, 400) pour balayer une surface (202, 302, 402) complexe délimitée au moins en partie par une barrière physique (411) et/ou comportant des  
10 obstacles (114) ; ledit système comprenant :

- (a) des moyens (102) de balayage comportant des moyens (104) de détection permettant de détecter la dite barrière physique et/ou lesdits obstacles ;

lesdits moyens (102) de balayage permettant de balayer  
15 de façon suffisante une première zone (206<sub>1</sub>, 306<sub>1</sub>) de dimension réduite et de forme appropriée de ladite surface complexe,

• en parcourant des positions relatives successives,  
et

• en intégrant lesdites positions relatives ;  
20 de sorte que l'on obtient ainsi une localisation absolue dans ladite première zone permettant un balayage exhaustif de ladite première zone ;

ledit système comprenant en outre :

- (b) des moyens (110, 210) de sélection pour  
25 sélectionner une seconde zone (206<sub>i+1</sub>, 306<sub>i+1</sub>) de dimension réduite et de forme appropriée de ladite surface complexe et d'itérer pour cette seconde zone l'étape (a) ci-dessus,

- (c) des moyens d'itération pour itérer autant que nécessaire l'étape (b) de manière à balayer l'intégralité de la  
30 surface complexe.

11. Système selon la revendication 10 ; ledit système comprenant en outre :

- (d) des moyens (112) de traitement informatique pour choisir les dimensions et la forme de chaque zone de telle sorte  
35 que la dérive au cours du temps résultant de l'intégration de la

succession des positions relatives, reste inférieure à un seuil déterminé.

12. Système selon l'une des revendications 10 ou 11 ; dans le cas où une zone à balayer contient tout ou partie d'un obstacle ledit système comprenant en outre des moyens (102) de balayage pour balayer la zone en restant, autant que faire se peut, à l'intérieur de la zone concernée et en suivant tout ou partie des contours de l'obstacle de la zone ; lesdits moyens de sélection sélectionnant la zone suivante en appliquant des règles de parcours.

13. Système selon l'une quelconque des revendications 10 à 12 ; lesdits moyens (110, 210) de sélection sélectionnant ladite seconde zone ( $206_{i+1}$ ) en procédant à une sélection au hasard.

14. Système selon l'une quelconque des revendications 10 à 12 ; lesdits moyens (110, 210) de sélection sélectionnent ladite seconde zone ( $306_{i+1}$ ) en procédant à la sélection d'une zone contiguë ( $308_{i,i+1}$ ) dans une bande prédéterminée (310) en progressant dans un sens déterminé puis en sélectionnant, par exemple au hasard, une autre bande.

15. Système selon la revendication 14 ; lesdits moyens (112) de traitement informatique comprenant des moyens de calcul pour changer de bande lorsque (i) un mur ou un obstacle de dimension ou de taille importante par rapport à celle de la zone balayée, est détecté dans la zone balayée et/ou (ii) lorsqu'une bande déjà balayée est atteinte.

16. Système selon l'une quelconque des revendications 10 à 15 ; ledit système comprenant des moyens (112) de traitement informatiques ; lesdits moyens (112) de traitement informatiques comportant des moyens de calcul permettant :

- d'établir de façon dynamique, pendant le balayage, une carte de l'environnement permettant d'appliquer des règles de parcours des différentes zones composant la surface complexe en tenant compte des obstacles ; puis
- de sélectionner la seconde zone selon lesdites

règles de parcours.

17. Système selon l'une quelconque des revendications 10 à 16; le processus de sélection de la zone et/ou de la bande comportant une phase aléatoire ; ledit système comprenant des  
5 moyens de traitement informatique pour arrêter le balayage au bout d'un temps supérieur à un seuil déterminé.

18. Système selon l'une quelconque des revendications 10 à 17 ; ledit système comprenant des moyens de traitement informatique permettant d'effectuer un tour des contours de la  
10 surface complexe après l'achèvement du balayage.

19. Système selon l'une quelconque des revendications 10 à 18 ; lesdits moyens de balayage permettant de calculer de manière dynamique ladite cartographie de la surface complexe à partir de données fournies par lesdits moyens de détection  
15 pendant le balayage de ladite surface complexe.

20. Système selon l'une quelconque des revendications 10 à 19 ; lesdits moyens (104) de détection comprenant :

un émetteur de rayonnements infrarouge,

un récepteur de rayonnements infrarouge détectant le  
20 rayonnement infrarouge réfléchi par les parties concernées de la barrière physique ou de l'obstacle ;

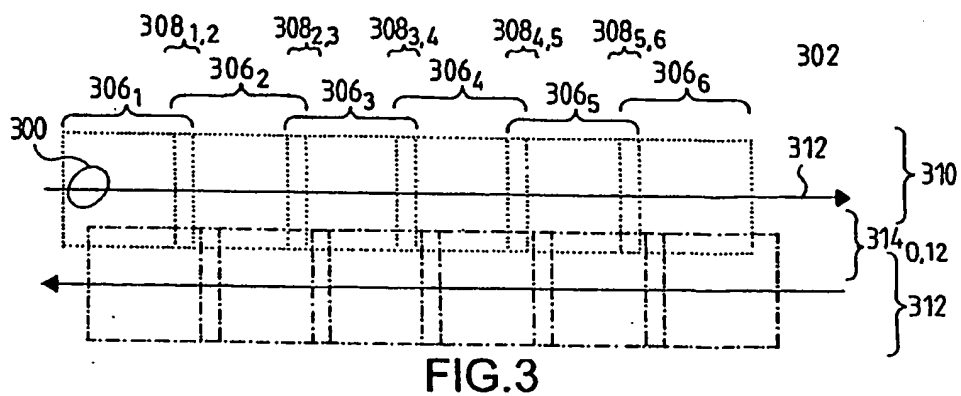
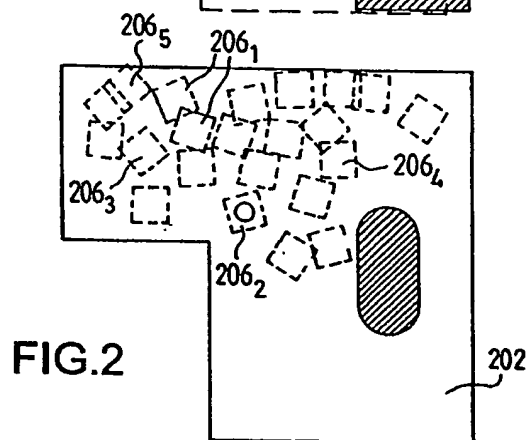
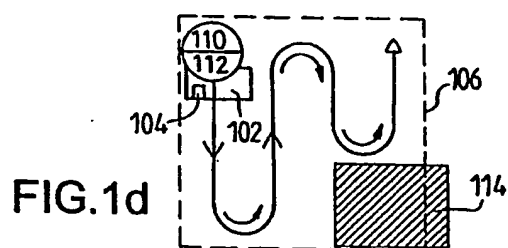
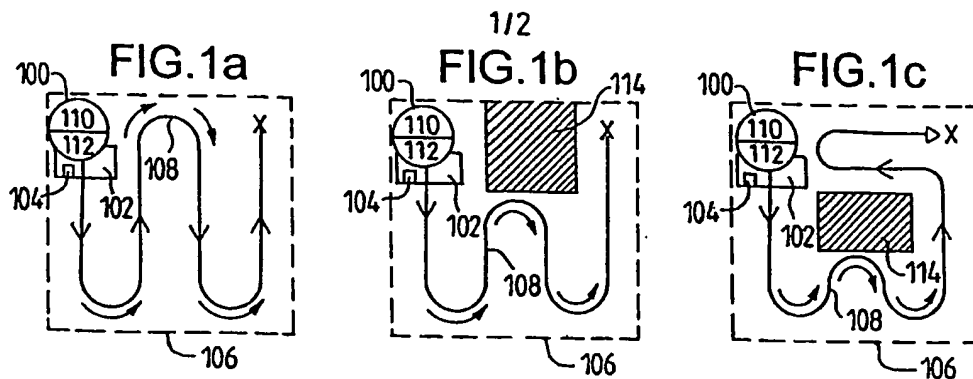
lesdits moyens (112) de traitement informatique permettant de faire varier graduellement la puissance du rayonnement infrarouge émise par ledit émetteur jusqu'à une  
25 puissance de détection des parties concernées de la barrière physique ou de l'obstacle, lesdits moyens de calcul permettant de déterminer de la position relative des parties concernées de ladite barrière physique ou dudit obstacle par rapport audit automate mobile en fonction de ladite valeur de la puissance de  
30 détection,

de sorte qu'il est ainsi possible de manière dynamique, au fur et à mesure que l'automate mobile se déplace:

• de déterminer les données géométriques (angles, longueur) caractérisant la géométrie des obstacles ou de la  
35 barrière physique, et/ou

- de construire une cartographie de la surface complexe.

21. Application du procédé selon les revendications 1 à 9 ou du système selon les revendications 10 à 20 à la  
5 réalisation d'un robot ou automate de traitement de surfaces planes et/ou gauches, d'un robot de traitement de terrains sauvages ou cultivés, d'un robot aspirateur, d'une tondeuse automate, d'un robot laveur de parois horizontales ou inclinées, notamment de vitre, de plafond de toit d'un robot de  
10 décontamination de surfaces complexes contaminées.



2/2

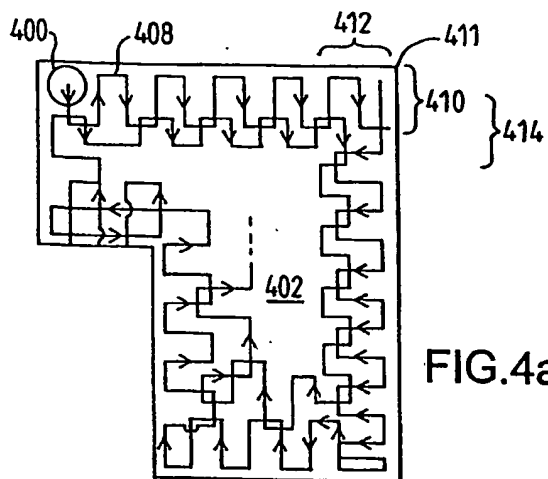


FIG. 4a

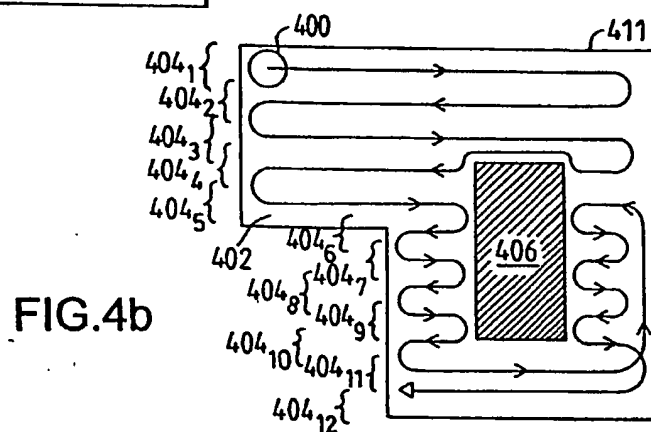


FIG. 4b

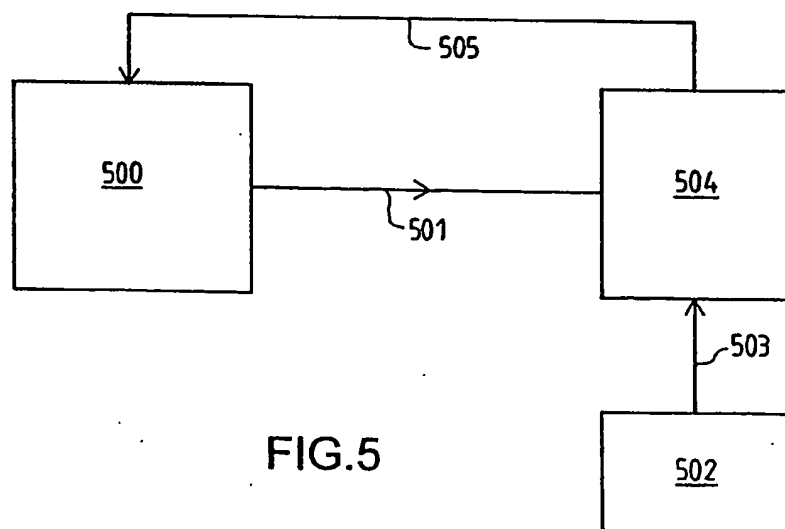


FIG. 5



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR2004/050515

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 G05D1/02

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 G05D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 490 736 A (GOLD STAR CO) 17 June 1992 (1992-06-17)  abstract column 1, line 24 - column 5, line 52 column 8, line 9 - column 19, line 43 figures 1-14	1,5,6, 10,14, 15,21
X	GB 1 487 360 A (ITO PATENT AG) 28 September 1977 (1977-09-28)  page 1, line 80 - page 4, line 7 figures 1,5,6  ----- -/--	1,5,6, 10,14, 15,21

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 February 2005

Date of mailing of the international search report

23/02/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Helot, H

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/FR2004/050515

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>US 5 284 522 A (KOBAYASHI YASUMICHI ET AL) 8 February 1994 (1994-02-08)</p> <p>abstract column 4, line 21 - column 9, line 66 figures 1,5-7</p> <p>-----</p>	1,5,6, 10,14, 15,21
X	<p>US 5 696 675 A (KAWAKAMI YUICHI ET AL) 9 December 1997 (1997-12-09)</p> <p>abstract column 2, line 46 - column 6, line 65 figures 9-12,14,16,18-21</p> <p>-----</p>	1,10,21
X	<p>EP 0 562 559 A (SANYO ELECTRIC CO) 29 September 1993 (1993-09-29)</p> <p>abstract column 6, line 49 - column 9, line 30 figures 1,10A-10C</p> <p>-----</p>	1,10,21
X	<p>EP 1 265 119 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 11 December 2002 (2002-12-11)</p> <p>abstract column 4, line 6 - column 7, line 42 figures 2-10</p> <p>-----</p>	1,10,21

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR2004/050515

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0490736	A	17-06-1992	KR 9300081 B1 DE 69124587 D1 DE 69124587 T2 EP 0490736 A2 JP 4333902 A US 5353224 A	08-01-1993 20-03-1997 11-09-1997 17-06-1992 20-11-1992 04-10-1994
GB 1487360	A	28-09-1977	DE 2364002 A1 CH 619799 A5 FR 2255651 A1 JP 1332597 C JP 50095684 A JP 60052443 B NL 7416427 A US 4119900 A	03-07-1975 15-10-1980 18-07-1975 28-08-1986 30-07-1975 19-11-1985 24-06-1975 10-10-1978
US 5284522	A	08-02-1994	US 5109566 A	05-05-1992
US 5696675	A	09-12-1997	JP 3346513 B2 JP 8016241 A	18-11-2002 19-01-1996
EP 0562559	A	29-09-1993	JP 6080203 A DE 69302943 D1 EP 0562559 A1 US 5402051 A	22-03-1994 11-07-1996 29-09-1993 28-03-1995
EP 1265119	A	11-12-2002	JP 3412623 B2 JP 2002360480 A JP 3301436 B1 JP 2002360478 A EP 1265119 A2 US 2002189045 A1	03-06-2003 17-12-2002 15-07-2002 17-12-2002 11-12-2002 19-12-2002

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/FR2004/050515

## A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE

CIB 7 G05D1/02

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

## B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 G05D

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal

## C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 0 490 736 A (GOLD STAR CO) 17 juin 1992 (1992-06-17)  abrégé colonne 1, ligne 24 - colonne 5, ligne 52 colonne 8, ligne 9 - colonne 19, ligne 43 figures 1-14  -----	1, 5, 6, 10, 14, 15, 21
X	GB 1 487 360 A (ITO PATENT AG) 28 septembre 1977 (1977-09-28)  page 1, ligne 80 - page 4, ligne 7 figures 1, 5, 6  -----  -/--	1, 5, 6, 10, 14, 15, 21

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

### \* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*Z\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

17 février 2005

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

23/02/2005

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Helot, H

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

PCT/FR2004/050515

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	<p>US 5 284 522 A (KOBAYASHI YASUMICHI ET AL) 8 février 1994 (1994-02-08)</p> <p>abrégé colonne 4, ligne 21 - colonne 9, ligne 66 figures 1,5-7</p> <p>-----</p>	1,5,6, 10,14, 15,21
X	<p>US 5 696 675 A (KAWAKAMI YUICHI ET AL) 9 décembre 1997 (1997-12-09)</p> <p>abrégé colonne 2, ligne 46 - colonne 6, ligne 65 figures 9-12,14,16,18-21</p> <p>-----</p>	1,10,21
X	<p>EP 0 562 559 A (SANYO ELECTRIC CO) 29 septembre 1993 (1993-09-29)</p> <p>abrégé colonne 6, ligne 49 - colonne 9, ligne 30 figures 1,10A-10C</p> <p>-----</p>	1,10,21
X	<p>EP 1 265 119 A (MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD) 11 décembre 2002 (2002-12-11)</p> <p>abrégé colonne 4, ligne 6 - colonne 7, ligne 42 figures 2-10</p> <p>-----</p>	1,10,21

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No

PCT/FR2004/050515

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0490736	A	17-06-1992	KR 9300081 B1	08-01-1993
			DE 69124587 D1	20-03-1997
			DE 69124587 T2	11-09-1997
			EP 0490736 A2	17-06-1992
			JP 4333902 A	20-11-1992
			US 5353224 A	04-10-1994
GB 1487360	A	28-09-1977	DE 2364002 A1	03-07-1975
			CH 619799 A5	15-10-1980
			FR 2255651 A1	18-07-1975
			JP 1332597 C	28-08-1986
			JP 50095684 A	30-07-1975
			JP 60052443 B	19-11-1985
			NL 7416427 A	24-06-1975
			US 4119900 A	10-10-1978
US 5284522	A	08-02-1994	US 5109566 A	05-05-1992
US 5696675	A	09-12-1997	JP 3346513 B2	18-11-2002
			JP 8016241 A	19-01-1996
EP 0562559	A	29-09-1993	JP 6080203 A	22-03-1994
			DE 69302943 D1	11-07-1996
			EP 0562559 A1	29-09-1993
			US 5402051 A	28-03-1995
EP 1265119	A	11-12-2002	JP 3412623 B2	03-06-2003
			JP 2002360480 A	17-12-2002
			JP 3301436 B1	15-07-2002
			JP 2002360478 A	17-12-2002
			EP 1265119 A2	11-12-2002
			US 2002189045 A1	19-12-2002